

青岛大港港池海水稀释扩散规律的研究*

康兴伦 李培泉 任广法 袁毅

(中国科学院海洋研究所)

苗绿田 魏新民

(交通部青岛港务管理局)

提要 本文报道了在青岛大港进行了稀释因子的现场模拟试验。通过试验,搞清了青岛港港池海水的稀释扩散规律以及风、流、浪、潮等诸因素对稀释因子的影响,为保护青岛港湾的环境提供了可靠的数据。

为了研究青岛港的稀释扩散能力,我们于1985年4月29日、5月6日和5月7日,在青岛大港进行了现场模拟试验。

样品的低浓度部分同时用721分光光度计和荧

表1 水文观测结果¹⁾

Tab. 1 Hydrologic and meteorologic survey during the experiment on the sea

观测时间 (月·日·时)	流速 (cm/s)	流向
4. 29. 13:30	48	194.5°
4. 29. 13:45	45	144.5°
4. 29. 13:57	25	154.5°
4. 29. 14:15	39	164.5°
4. 29. 14:30	47	174.5°
4. 29. 14:48	40	194.5°
5. 6. 13:40	40	344.5°
5. 6. 14:00	16	114.5°
5. 6. 14:10	40	354.5°
5. 6. 14:20	25	324.5°
5. 6. 14:25	22	0.5°
5. 6. 14:35	44	334.5°
5. 7. 7:55	8	344.5°
5. 7. 8:15	32	4.5°
5. 7. 8:30	4	334.5°
5. 7. 8:45	8	74.5°

一、海上实验

1. 薛机七号船一艘、小舢舨一艘。
 2. Sleg直读式海流计、风速计和激光测距仪。
 3. 国产721分光光度计、法国制荧光光度计。
 4. 工业用罗丹明-B试剂及工业用酒精。
- 用1kg罗丹明-B,以50kg酒精溶解,然后用50kg水冲稀、搅拌,使试剂充分溶解混合均匀;将盛有罗丹明-B溶液的大桶从船上吊到海面上,使溶液缓缓流入海洋。这时小舢舨跟踪染料云团的峰值区定时采样,样品采到后,避光保存。

在采样的同时,在薛机七号船和陆地上分别定时测流、测风和测定船位。水文因子的观测结果见表1。

小舢舨跟踪染料云团的运动轨迹如下页图所示。

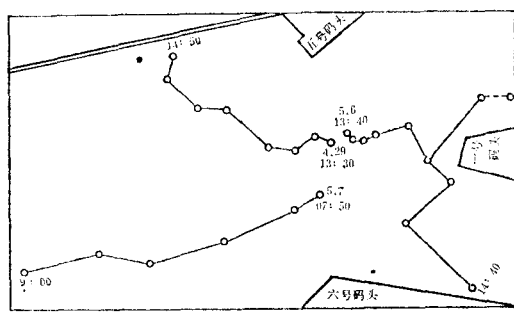
二、室内分析

样品采到后立刻在实验室分析。

样品的高浓度部分用国产721分光光度计分析,波长 λ 555,比色槽1cm,参比液蒸馏水。

1) 测流深度皆为水面下2m处;4月29日风向:南;5月6日气温:18.5℃,水温:12.5℃;5月7日气温:14.5℃,水温:13℃。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1385号



染料云团运动轨迹图

Figure The track of the peak region
of the dye cloud

光光度计对照分析, 整理资料以荧光光度计的

分析结果为准。分析结果见表 2。

三、数据处理

稀释因子等于抛放前的罗丹明-B浓度与抛放后的不同时刻的浓度之比。它是衡量海水的稀释扩散能力的主要标准^[1]，稀释因子越大，海水的稀释扩散能力越强；反之，海水的稀释扩散能力越弱。根据稀释因子的定义计算3次实验（以下简称4月29日的实验为实验1，5月6日的实验为实验2，5月7日的实验为实验3）的稀释因子进行计算，结果见表3。

将三次实验时间的罗丹明-B的浓度P和观

表2 罗丹明-B 在海水中的浓度¹⁾

Tab. 2 The concentration of the rhodamine-B in the sea water

时 间 (月·日·时)	浓 度 ($\mu\text{g/ml}$)	时 间 (月·日·时)	浓 度 ($\mu\text{g/ml}$)	时 间 (月·日·时)	浓 度 ($\mu\text{g/ml}$)
4. 29. 13:32	62.50	5. 6. 13:41	26.00	5. 7. 7:51	320.00
:34	9.00	:43	10.70	:53	33.00
:36	0.95	:45	1.40	:55	150.00
:38	0.78	:47	0.90	:57	110.00
:40	0.40	:49	0.54	:59	43.00
:42	0.18	:51	0.46	8:01	17.00
:44	0.22	:53	0.27	:03	7.40
:46	0.17	:55	0.24	:05	8.60
:48	0.18	:59	0.24	:09	7.40
:50	0.09	14:01	0.24	:13	6.70
:52	0.11	:03	0.23	:17	1.70
:54	0.08	:05	0.11	:21	0.36
:56	0.06 ¹⁾	:07	0.09	:25	0.40
:58	0.05 0.05	:09	0.10	:29	0.15
14:00	0.08 0.08	:11	0.14	:33	0.11
:02	0.07 0.05	:15	0.11 ¹⁾	:37	0.13
:04	0.05 0.06	:19	0.06 0.04	:41	0.07 ¹⁾
:06	0.06 0.06	:23	0.09 0.06	:45	0.04 0.07
:08	0.06 0.03	:27	0.06 0.05	:49	0.07 0.05
:10	0.04 0.06	:31	0.06 0.05	:53	0.02 0.00
:12	0.08 0.03	:35	0.05 0.00	:57	0.04
:14	0.06 0.05	:39	0.02 0.06		

1) 指荧光光度计分析的结果。

测时间 t 取对数得到一系列的 $\lg P_i$ 和 $\lg t_i$ 。对 $\lg P_i$ 和 $\lg t_i$ 进行回归分析^[2], 回归分析结果见表4。

查相关系数检验表得知, 3 次实验的相关系数 (r) 均高于相关系数的起码值, 而接近 1。因此, $\lg P$ 与 $\lg t$ 间有很好的相关关系。

表3 实验的稀释因子¹⁾
Tab. 3 The dilution factors of three experiments

时间(分)	稀 释 因 子			时间(分)	稀 释 因 子		
	实 验 1	实 验 2	实 验 3		实 验 1	实 验 2	实 验 3
1		4.62×10^2	3.75×10	29		1.20×10^5	
2	1.63×10^2			30	1.28×10^5		
3		1.12×10^3	3.63×10^2	31		8.57×10^4	3.33×10^4
4	1.13×10^3			32	2.04×10^5		
5		8.57×10^3	8.00×10	34	1.70×10^5		
6	1.07×10^4			35		1.09×10^5	3.00×10^4
7		1.33×10^4	1.09×10^2	36	1.70×10^5		
8	1.31×10^4			38	3.40×10^5		
9		2.22×10^4	2.79×10^2	39		3.00×10^5	8.00×10^4
10	2.55×10^4			40	1.70×10^5		
11		2.61×10^4	7.06×10^2	42	3.40×10^5		
12	5.66×10^4			43		2.00×10^5	1.09×10^5
13		4.44×10^4	1.62×10^3	44	2.04×10^5		
14	4.64×10^4			46	1.70×10^5		
15		5.00×10^4	1.40×10^3	47		2.40×10^5	9.23×10^4
16	6.00×10^4			48	2.55×10^5		
17		5.22×10^4		50	2.55×10^5		
18	5.66×10^4			51		2.40×10^5	1.71×10^5
19		4.90×10^4	1.62×10^3	52	1.70×10^5		
20	1.13×10^5			55		2.40×10^5	1.71×10^5
21		5.22×10^4		56	2.04×10^5		
22	9.27×10^4			59		2.00×10^5	2.40×10^5
23		4.80×10^4	1.79×10^3	60	2.55×10^5		
24	1.28×10^5			63			2.40×10^5
25		1.09×10^5		64	1.70×10^5		
26	1.70×10^5			67			3.43×10^5
27		1.33×10^5	7.05×10^3	82	2.55×10^5		
28	2.04×10^5						

1) 表内的时间是指从抛放到采样所经历的分钟数。

表4 一元回归分析结果
Tab. 4 Linear regress computation

时 间 (月·日)	回 归 方 程	相关系数 (r)
4.29	$\lg P = 5.00 - 2.20 \lg t$	$r = -0.965$
5.6	$\lg P = 4.40 - 1.60 \lg t$	$r = -0.978$
5.7	$\lg P = 6.47 - 2.49 \lg t$	$r = -0.928$

四、结果与讨论

三次实验均在五号码头外侧的大港口门抛

样。第一、三次实验在退潮期间进行,第二次实验在涨潮期间进行。三次实验染料刚抛下,云团基本呈椭圆形扩散。后因流速、流向变化以及风力作用,云团形状也随之变化。

1. 由表3可见,第一次和第三次实验的稀释扩散速度相差很大。在第一次实验中,稀释因子达到 10^4 仅需6分钟,而第三次实验历经31分钟才达到这个数值。第一次实验用了24分钟,稀释因子就达到 1.28×10^5 。第三次实验稀释因子达到 1.09×10^5 所用的时间是43分

钟。两次实验均选择在退潮期间进行, 抛样地点是相同的。唯一不同的是风力, 第一次实验的风力是 4 级, 现场风速是 5.5m/s 。第三次实验时风速是零级。

海水的涡动混合是由运动引起的, 确切地说, 是速度梯度引起的, 最强烈的涡动发生在海洋表面; 海面的涡动主要是风引起的, 由于风对海面的切应力, 促使表层海水扰动, 使上下层海水混合。在我们的实验海区, 由于地形复杂, 水平方向上的速度梯度也很大。所以染料云团在三维空间上迅速扩散。海面的扰动产生波浪, 随着风力的加强, 波浪破碎, 混合进一步加强。在第一次实验中, 由于风力的作用, 海况已达 3 级; 波浪破碎, 海面上泛起了白色的浪花, 这为染料云团的稀释扩散提供了良好的条件。而第三次实验的情况就大不相同, 当时风平浪静, 在抛样后的 10 分钟以内, 几乎看不出染料云团有显著变化。因此考虑一个海区的稀释扩散速度, 风是一个重要因素。第一次实验的风速也只有 5.5m/s , 在青岛近海属平均风速。就是说, 第一次实验得到的扩散速度属普通速度, 第三次得到的扩散速度还是不多见的。

2. 第二次实验的风力是 5 级, 比第一次实验的风力强, 海况也相应的高一级, 两次实验的流速基本一致; 单从这些因素来看, 第二次扩散速度应比第一次大。但比较表 2 和表 3 可看出, 第一次实验的扩散速度大于第二次。看来, 潮时对稀释扩散速度也有影响。第一次

实验是在退潮期间进行的; 第二次是在涨潮期间进行的; 在大港海区, 退潮的稀释扩散速度要大于涨潮。

3. 三次实验的稀释扩散速度相差很大, 但最后都以稀释因子 10^5 左右而告终。第一次实验开始后的 24 分钟就达到 1.28×10^5 , 而到 82 分钟之后的稀释因子也只不过 2.55×10^5 , 这时的罗丹明红色踪迹仍隐约可见。在长江口、湛江湾、海西湾、朝连岛海区也有这种现象^[1], 当稀释因子达到 10^5 — 10^6 左右时, 继续延长效果就不显著了。可见, 对于一个确定的海区来说, 存在一个极限稀释因子的问题, 也就是一个海区的稀释扩散能力。尽管由于条件不同, 扩散速度相差很大, 但最后都达到一个基本恒定的稀释因子, 一旦达到这个极限稀释因子, 浓度随时间的变化就很小了。

青岛大港的外面是胶州湾, 在涨落潮期间通过沧口水道与外海海水进行交换。总的来讲封闭性较强, 交换能力较差。这里是正规半日潮。只有在退潮期间, 污染物质往外扩散。在涨潮期间, 污染物有重新往岸边集结的可能。所以稀释扩散的时间只能取 5 小时, 不能无限延长, 权衡各种因素, 大港海水的稀释扩散能力取极限稀释因子 10^5 为宜。

参 考 文 献

- [1] 李培泉等编著, 1983. 海洋放射性及其污染. 科学出版社。
- [2] 中国科学院数学研究所, 1979. 常用数理统计方法. 科学出版社, 第 82 页。

DILUTION AND DIFFUSION OF SEA WATER IN THE BASIN OF QINGDAO LARGE-PORT

Kang Xinglun, Li Peiquan,

Ren Guangfa, Yuan Yi

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

Miao Lutian and Wei Xinmin

(*Qingdao Port Office, Ministry of Communications*)

Abstract

The dilution factor was determined with Rhodamine-B as a tracer. It was revealed that the wind, wave, sea current, and tide influence on the dilution factor very much. In ordinary sea state the limited dilution factor of basin of Qingdao Large-Port is 10^5 , after which dilutes little.